



**Kandidatarbeten
i Skogsvetenskap**
Fakulteten för Skogsvetenskap

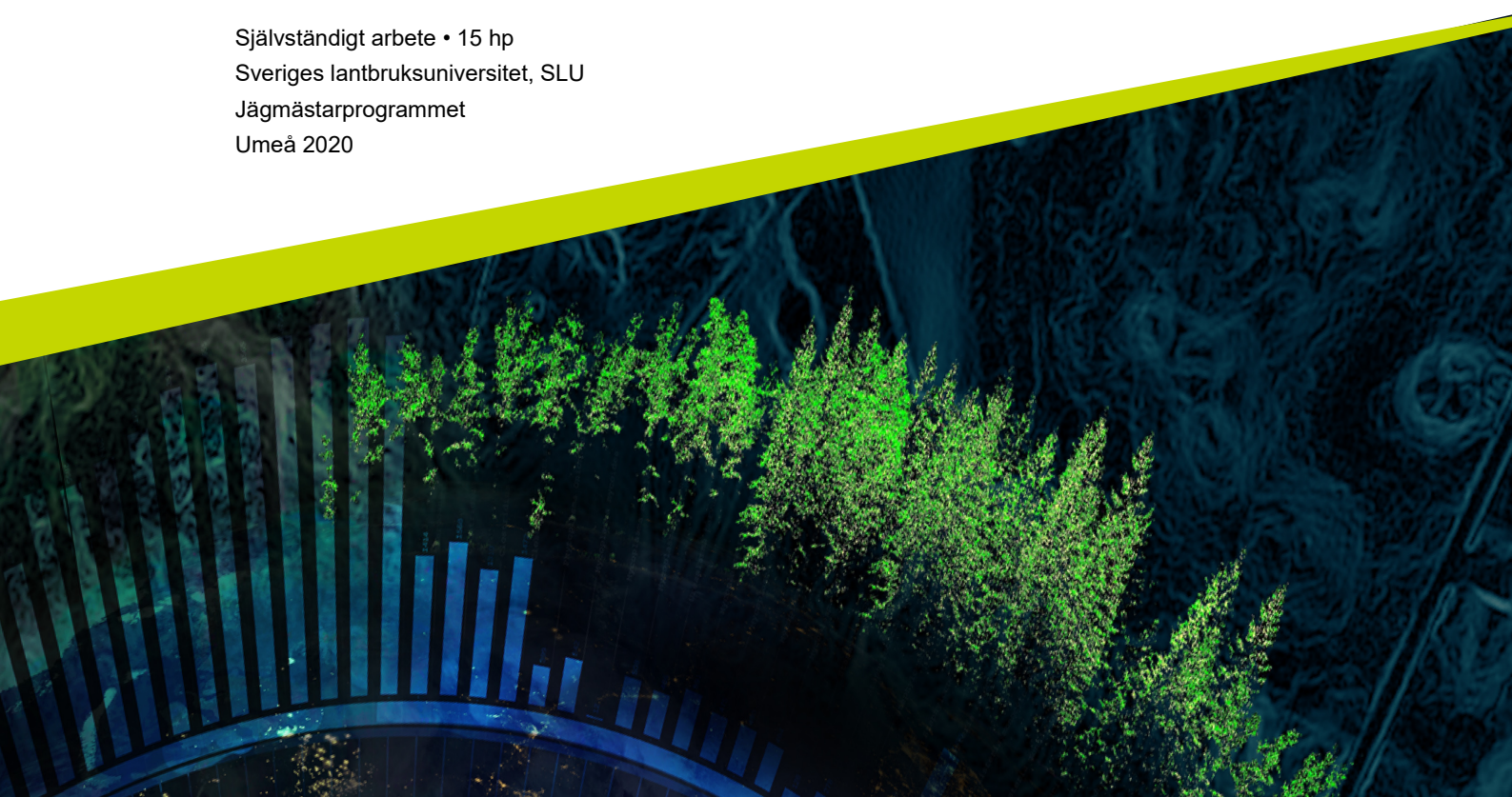
2020:22

HVO – vägen mot ett mer miljövänligt skogsbruk

*HVO – the road towards a more environmentally friendly
forestry*

Johan Mansikka

Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Jägmästarprogrammet
Umeå 2020



HVO – Vägen mot ett miljövänligare skogsbruk

Johan Mansikka

Handledare: Dimitris Athanassiadis, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skogens biomaterial och teknologi

Examinator: Tommy Mörling, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skogens ekologi och skötsel

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E

Kurstitel: Självständigt kandidatarbete i skogsvetenskap

Kurskod: EX0911

Program/utbildning: Jägmästarprogrammet

Kursansvarig inst.: Institutionen för skogens ekologi och skötsel

Utgivningsort: Umeå

Utgivningsår: 2020

Serietitel: Kandidatarbeten i SKogsvetenskap

Delnummer i serien: 2020:22

Nyckelord: HVO, biobränsle, drivmedel, skogsmaskiner

Publicering och arkivering

☒ JA, jag ger härmed min tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

SAMMANFATTNING

För att skogsbruket fortsatt ska utvecklas och vara produktivt samtidigt som det är miljövänligt så krävs det nya innovationer som är lätta att implementera i dagens maskiner. Detta då skogsmaskiner tillverkas på en liten skala och marknaden i Sverige i princip endast består av ett maskinsystem, skördare och skotare. I dagens maskiner finns det redan miljöanpassade produkter som exempelvis hydraulolja, sågkedjeolja och fetter. Det som dock har varit rätt likvärdigt i alla år är drivmedlet som än idag är diesel. Den konventionella dieseln som används idag har dock utvecklats till viss del genom att bränslet nu delvis består av förnybart material. Idag finns det dock även drivmedel som fullt ut är producerade av förnybart material, samtidigt som de är likvärdiga med konventionella dieseln. Ett av dessa bränslen är HVO, vilket är producerat av restprodukter som exempelvis slaktavfall och trädrester. Denna studie är utförd genom att studera den teoretiska skillnaden mellan HVO och konventionell diesel, för att se hur mycket förbättring miljömässigt som kan göras gällande exempelvis utsläpp från skogsmaskiner genom byte av bränsle. Efter intervjuer med skogsentreprenörer är det tydligt att HVO inte är någonting som används i dagsläget. Orsaken till detta är tydlig efter litteraturstudien där det visar sig att utbudet är alldeles för dåligt för att det ska vara möjligt att användas inom skogsbruket i en större skala.

Nyckelord: HVO, biobränsle, skogsmaskiner, utsläpp, skördare, skotare

ABSTRACT

For the forestry to further develop, be productive and still be environmentally friendly new innovations that are easily implemented are in demand. This is because of the low production rate of forestry machines and the market, in Sweden, almost only is about one system of machines, which are harvesters and forwarders. In the forestry today it already exists environmentally friendly products for the hydraulic oil, saw chain oil and grease. The use of biofuel could be said to currently be lacking, and this because the near singular use of conventional diesel. While the conventional diesel today is somewhat more environmentally friendly, because it has a mix of renewable products in it, it now exists some biofuels that entirely is based on renewable products. One of these biofuels is for instance HVO, which is produced by products like forestry residues or left-overs from animal slaughter. This study is made to theoretically investigate the possibility of environmental improvement from the forestry by changing to HVO as fuel instead of conventional diesel. The result of the interviews with forestry entrepreneurs makes it clear that HVO is something that is not used in forestry. The reason for this becomes clear in the literature study that shows that the availability of HVO is too low for it to be used in forestry in a bigger scale.

Keywords: HVO, biofuels forestry machines, emissions, harvester, forwarder

FÖRORD

Denna studie är ett kandidatarbete motsvarande 15 högskolepoäng med inriktning på skogsvetenskap. Studien är utförd vid institutionen för skogens ekologi och skötsel på Sveriges Lantbruksuniversitet i Umeå.

Med detta förord vill jag tacka alla skogsentreprenadsföretag som avsatte tid för intervjuer och svarade på frågeställningen, och även Back Tomas Ersson som erbjudit tips och råd angående studien

Jag vill även särskilt tacka min handledare Dimitris Athanassiadis som hjälpt med valet av ämne, bidragit med möten under arbetets gång, gett råd och även korrekturläst rapporten.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. Inledning.....	1
1.1. Bakgrund.....	1
1.2. Mål.....	3
2. Material och metod.....	4
3. Resultat	6
3.1. Litteraturstudien: HVO som drivmedel.....	6
3.2. Resultat från intervjuer.....	9
3.2.1. Antal maskiner och fördelning av märken.....	9
3.2.2. Placering i Sverige.....	10
3.2.3. Användning och tillgänglighet av HVO	10
3.2.4. Användning av andra miljöanpassade produkter	11
3.2.5. Bolag	12
4. Diskussion.....	13

1. INLEDNING

1.1. Bakgrund

Skogsbruket har och kommer ständigt att förändras. Detta på grund av ett allt varmare klimat som innebär att både förutsättningarna samt kraven för avverkning kommer att förändras (*Skogsstyrelsen 2007*). På endast ett århundrande har det i Sverige skett stora förändringar över hur skogen sköts och vilken utrustning som används. I början på 1900-talet sköttes allt skogsarbete manuellt där redskap som yxa, såg och barkspade användes tillsammans med hästar för virkestransport ut ur skogen. Från och med 1950-talet har det skett stora förändringar där det först introducerades motorsågar i skogen och även mobila barkningsmaskiner som på den tiden ökade produktionen avsevärt då barkningen annars gjordes för hand och tog upp halva arbetstiden. Efter andra världskriget så blev en hel del fordon lediga för att brukas på andra håll, exempelvis bandfordon som därmed blev använda i skogsbruket för att bygga ut vägnätet. Detta innebär att transporter i större utsträckning kunde ske med lastbil till industri, istället för flottning som var det populära under denna tid. Under slutet på 1950-talet och början på 1960-talet blev även traktorer och skotare introducerade till skogsbruket och därmed kunde transporterna i skogen, som annars utfördes med häst och kälke, bli mekaniserade. Detta innebär att det blev möjligt att utföra avverkningar året runt då transporter i skogen under barmarksperioden blev möjliga. Efter detta har maskiner utvecklats och olika maskinsystem har använts i Sverige. Från det första helmekaniserade skogsbruket, där tre till fyra olika maskiner användes i en avverkning, kunde avverkningar med skördare göra entré på slutet av 1970-talet vilket innebär att en avverkning kunde ske med endast två maskiner. Skördaren fällde, kvistade, kapade och sorterade virket i olika sortiment för att skotaren därefter körde efter och samlade ihop virket för transport från skog till väg (*Björheden 2014*).

För nuvarande är den årliga avverkningsvolymen omkring 90 miljoner m³sk (*Ekberg 2019*), där i princip allt hanteras av dagens mest dominerande avverkningssystem bestående av skördare och skotare. Det finns omkring 1200 skördare och 1800 skotare i Sverige och detta system av skördare och skotare

innebär att varje trakt kräver transport av två olika maskiner för att utföra både avverkning och transport av virke till väg (*Thor & Thorsén 2014*). Det finns dock andra maskintyper än skördare och skotare som fortfarande är lönsamma. En av dessa maskintyper är drivaren, vilket är en maskin som både gör skördaren och skotarens arbete. Detta kan vara ett bättre alternativ än skördare och skotare då det bara behövs en maskin och därmed går det att dra ner på kostnader och även miljöpåverkan då det exempelvis bara behövs en trailertransport till avverkningstrakten. Dock har det visat sig att drivaren är känsligare än systemet skördare och skotare på trakter där terrängtransportavståndet blir längre, vilket innebär att drivaren passar bättre på trakter där det är kort avstånd från skog till avlägg (*Skogforsk 2016*). Andra försök till skonsammare avverkning är exempelvis Ponsses introduktion av en 10-hjulig skotare. Denna maskin ska vara skonsammare mot miljön på blötare marker jämfört med den vanliga modellen med 8-hjul då det extra hjulparet kan sänka markpåverkan, givet att stickvägarna är raka. Den 10-hjuliga skotaren är däremot mer sårbar mot svängar och krökar då detta innebär att sporbildningen blir djupare jämfört med en 8-hjulig skotare av samma modell. Det har även gjorts studier på skotare som är helt driven av gummiband istället för hjul och eventuella band av stål monterat på. Denna sorts skotare var inte lika känslig för svängar och krökar i rutten, utan resultatet blev istället att den var mindre känslig än skotare med både 8- och 10-hjul samt med eller utan stålband (*Skogforsk 2018*).

I en värld med miljöförändringar kan det antas att kraven på miljöpåverkan av maskiner kommer att skärpas allt mer. Detta kan vara exempelvis utsläpp av avgaser som påverkar miljön. Det finns redan diskussioner angående att minska användningen av diesel samt att en utfasning ska påbörjas redan i dagsläget. För att detta ska vara möjligt måste det finnas ett bra alternativ som maskinägare kan använda sig utav utan att detta innebär större kostnader, ombyggnationer av maskiner eller ökande andel av reparationer. Med ett uppskattat antal aktiva dieseldrivna skördare och skotare år 2014 som uppgick till 1200 respektive 1800 maskiner är det många maskiner som blir berörda (*Thor & Thorsén 2014*). Med en sammanvägd ungefärlig förbrukning på 1,86 liter diesel per m³fub för maskinerna år 2012 resulterar detta i en förbrukning på totalt 130 miljoner liter diesel för landets skogsmaskiner. Detta betyder att det är möjligt att göra stora förändringar vid användandet av ett drivmedel som är miljövänligare än diesel och går att ersätta den fossila dieseln utan större ingrepp i motorerna.

Vissa försök har gjorts för att introducera maskiner med nya drivmedel. Ett exempel är försök med skotaren XT28 där det teoretiskt undersöktes möjligheten att göra den till en diesel-elektrisk skotarprototyp. Detta innebär att den hydrauliska drivlinan ersätts med elektrisk motor, växellåda och komponenter för lagring av energi. En maskin med denna typ av drivlina gör det möjligt för skotaren att arbeta ännu effektivare och därmed blir det mindre energispill. Dock är detta system

dyrare än dagens konventionella hydrauliska system och det elektriska systemet har även en kortare livslängd vilket innebär en ökad andel reparationer med lägre intervall (*Phadke 2017*). Det har även skapats olika sorters biobränslen där förnybart bränsle används rent i fordon eller blandas in i konventionell diesel i olika andelar. Dessa biobränslen kräver oftast godkännande från fordonstillverkaren för användning i ren form, medan konventionell diesel som är blandad med biobränsle är godkänt att användas för alla så länge det uppnår kvalitets-krav för diesel. Ett sorts biobränsle är "Fatty-Acid Methyl Esters" (Fettsyrametylestrar på svenska, förkortat till FAME biodiesel). FAME biodiesel i Sverige är ofta tillverkat av rapsolja, vilket ger den namnet Rapsmetylester (RME) (*SPBI 2018*). FAME är ett första generationens biobränsle, vilket innebär att grödor primärt odlas för att tillverka detta biobränsle. Detta har skapat konflikter då det reflekteras över ifall man ska använda mark för att tillverka biobränsle eller för att odla mat. För att undkomma dessa konflikter så skapades de så kallade andra generationens biobränsle. Detta är bland annat hydrerade vegetabiliska och animaliska oljor och fetter (HVO), att det är andra generationens biobränsle innebär att det endast används biprodukter för att skapa bränslet. Dessa biprodukter kan exempelvis vara slaktrester, trädrester eller växtrester från odlingar. Till skillnad från FAME har HVO ett flertal egenskaper som är mer lik konventionell diesel. Dessa egenskaper är exempelvis högre cetantal samt värmevärde, vilket innebär att HVO är en lämpligare ersättare för konventionell diesel än FAME (*Bezergianni & Dimitriadis 2013*).

Detta innebär att ett biobränsle som HVO, med liknande egenskaper som diesel, kan bli en värdig ersättare för diesel helt. För att ta reda på hur det ser ut i dagsläget, och vilka åtgärder som kan behövas för att HVO ska ersätta konventionell diesel helt i framtiden måste en studie utföras för att undersöka vidare i detta.

Frågeställningarna för denna studie är:

Vilka tekniska skillnader finns mellan HVO och konventionell diesel?

Kan HVO användas i dagens skogsmaskiner?

Hur är tillgängligheten av HVO idag?

1.2. Mål

Målet med denna studie var att undersöka de tekniska likheter och skillnader mellan HVO och den konventionella dieseln samt möjligheterna att använda HVO i skogsmaskiner.

2.MATERIAL OCH METOD

Denna studie består av:

- en litteraturstudie för att sammanställa bakgrundsinformation angående transportbränslen som använts i skogsbruket, skillnader mellan dessa och hur mycket som kan förändras genom att byta ut den konventionella dieseln i alla skogsmaskiner till ett biobränsle.
- En marknadsstudie där skogsentreprenadsföretag intervjuas om deras användning av HVO, hur tillgängligheten ser ut samt vad som krävs för att de ska byta från konventionell diesel till HVO.

Litteraturstudien genomfördes genom användning utav databasen Google Scholar samt sökningar på Google, för att fånga upp alla typer av källor (se Bilaga 1). I databasen användes nyckelorden: HVO, skogsmaskiner, utsläpp, biobränsle, skogsbruk, forestry machines, emissions, biofuels. Därefter, användes de vetenskapliga studier i databasen för att ta fram de teoretiska värdena för de olika drivmedlen och även tester där HVO har använts. De inklusionskriterierna som fanns vid studien var att litteraturen skulle innehålla utsläpp vid användning av HVO, teknisk information om HVO eller båda delar, samt att språket antingen är svenska eller engelska. Det fanns inga exklusionskriterier i studien, som exempelvis årtal, då HVO som bränsle anses vara relativt nytt.

Intervjuerna gjordes för att få en bra bild av hela marknaden, därmed gjordes ett urval av företag i hela Sverige. En lista med aktiva företag med ett varierande antal maskiner och med olika angivna orter beställdes av Skogsentreprenörerna. Kriterierna för företagen var att de måste vara aktiva i Sverige entreprenörer inom skogsbruket idag, det kan alltså inte vara någon skogsägare med egen maskin som endast använder den på egen mark. Det fanns inget krav på någon särskild storlek av maskinparken, så företag av alla storlekar togs med i studien. Totalt levererades en lista med 32 företag där sorteringen var angiven efter placering i Sverige, med de nordligaste företaget högst upp. Ytterligare ett urval gjordes där vartannat företag i listan ringdes upp. Varför just detta antal valdes var för att det ansågs passa den tidsram som var satt för detta projekt. Urvalet i denna studie anses vara

representativt då företag från hela landet och av olika storlekar ingick, vilket ger en representativ bild av skogsbranschen.

Intervjuerna skedde genom telefon där de 16 skogsentreprenadföretag ringdes upp för att svara på ett antal frågor (se Bilaga 2). Intervjuerna genomfördes på ett semi-strukturerat vis, där huvudfrågorna baserades på att först få information om företaget och därefter om temat tillgänglighet av HVO (Dalen 2015). Sedan ställdes även vissa följdfrågor beroende på vad som svarades. Exempel på följdfråga som ställdes var då några svarade direkt med orsak till att drivmedlet inte används, därmed ställdes även frågan om orsak till övriga företag som inte angav detta annars. För att få en inblick över hur kompetensen egentligen var angående HVO som drivmedel så ställdes frågorna på ett sådant vis så att entreprenörerna fick svara enligt deras bild av drivmedlet. Detta för att få en bättre inblick om det är okunskap om drivmedlet som eventuellt kan vara begränsande för användningen. När frågorna ställdes till varje företag så försöktes det alltid att ställa frågorna i samma ordning. Dock svarade företagen lite olika på frågan och därmed kunde olika frågor få svar på samma gång. Vid intervjuerna registrerades alla svar genom transkribering där alla svar på frågorna blev nedskrivna i Excel för att göra sammanställning efteråt. Det gjordes som mest tre försök att ringa upp varje företag, om inget svar har skett efter tredje försöket så uteblev företaget från studien.

3.RESULTAT

3.1. Litteraturstudien: HVO som drivmedel

HVO är ett drivmedel som är ytterst likt konventionell diesel, men med lägre utsläpp. Produktionen av HVO går till genom att vegetabiliska oljor hydrogeneseras och därmed kan en produkt som är identisk med konventionell diesel skapas. Råvarorna som används för denna process är olika och är idag vegetabiliska oljor samt fetter från djur, som där råvarorna antingen är rika på triglycerid och/eller fettsyror. Råvaror som idag har dessa egenskaper och kan användas för att producera HVO är från jordbruk exempelvis rapsfrön, solrosfrön och sojaolja. Det går även att använda slaktrester för att använda djurfett (Boichenko m. fl 2013). Ett stort argument för HVO är att utsläppen från motorerna blir lägre jämfört med konventionell diesel. Vid användning av ren HVO går det att minska utsläppen av luftburna partiklar med 28-46 %, kväveoxider (NO_x) med 7-14 %, totalkolväte (THC) med 0-48 % och CO med 5-78 % (Aatola m. fl. 2008). Det är även möjligt att minska utsläppet av fossilt CO₂ med upp till 90% vid användning av HVO vid en jämförelse av hela kedjan med konventionell diesel. Det går att minska utsläppet av CO₂ med omkring 9% vid bara användning utav HVO, där utsläppet av avgasen är i avseende från tank till hjul (No 2020). Detta är särskild viktigt med tanke på att maskiner som används utanför vägnätet släpper ut en stor mängd avgaser. Exempelvis i Finland består maskiner som inte används på väg, exempelvis skogsmaskiner och jordbrukstraktorer, för omkring 30% av totala fordonsantalet. Trots detta så står dessa maskiner för exempelvis 49%, 59% och 52% av totala utsläppet av CO, kolväten respektive luftburna partiklar (Pirjola m. fl 2017). Av de mest populära alternativa drivmedlen idag så är HVO även den som har den lägsta kostnaden för varje reducerat ton CO₂, vid jämförelse med bensen. Om målet därmed är att sänka utsläppen av CO₂ till en så låg kostnad som möjligt så är HVO det bästa alternativet för detta ändamål (Kollberg 2019).

Det finns ytterligare skillnader mellan HVO och konventionell diesel (Tabell 1). Cetantalet på HVO är på ungefär 70 till 90, jämfört med konventionell diesel som är på omkring 40. Cetantalet för ett bränsle anger hur tändvilligt det är, där ett högre

värde innebär en högre tändvillighet. Det högre värdet för HVO innebär att det lättare antänds och detta ger en mer effektiv förbränning av bränslet, vilket gör att det blir renare i både motor samt reningssystem. Detta då mängden partiklar som exempelvis sot minskas. Lagringsegenskaperna hos HVO är även goda vilket gör det möjligt att lagra bränslet i behållare gjorda för konventionell diesel utan att detta påverkar kvalitén (Kalnes 2009). Några skillnader mellan bränslena som är till nackdel för HVO finns också. En av dessa är energiinnehållet. Medan den konventionella dieseln har ett energiinnehåll på 36 MJ/m^3 så har HVO ett något lägre energiinnehåll (34 MJ/m^3 vid 15°C). Det innebär att det går åt knappt 6 % mer volym HVO jämfört med diesel för att få ut en lika stor mängd med energi, vilket kan innebära en högre bränsleförbrukning (Blomqvist & Zingmark 2019). Det är dock möjligt att användning av ren HVO i motorer som är anpassade för bränslet kan ha en lägre bränsleförbrukning än konventionell diesel (Bohl m. fl. 2018). Även konventionell diesel med inblandning av HVO kan leda till en minskning av dieselförbrukningen (Napolitano m. fl. 2018). Genom att göra en inblandning av HVO i konventionell diesel går det även att uppnå en högre effekt med hjälp av bränslet. Vid en inblandning av HVO på 9% kan en effekttökning på omkring 1,2% uppnås, och även en ökning av vridmoment på 2% är möjlig (Birzietis m. fl. 2017). Det har även visats att vid en optimering av bränsleinsprutningen för en motor så kan bränsleförbrukningen minska med 4–5% jämfört med konventionell diesel, detta vid en normal belastning på motorn likt belastning vid arbete. Även utsläppen av avgaser får en minskning i mängd där exempelvis mängden rök kan minskas vid användning av HVO. Det kan även antas att ytterligare förbättringar kan göras för drivmedlet gällande bränsleförbrukningen och utsläppen genom att i framtiden utnyttja det högre cetantalet på ett bättre sätt (Sugiyama m. fl. 2012).

Något som även kan begränsa bränslet är smörjningsegenskaperna samt dess köldegenskaper som kan vara sämre. Smörjningsegenskaperna i bränslet beror till viss del av svavel- samt syreföreningar. Vid tillverkningen av HVO har råvaran ofta en brist av dessa föreningar och processen för att tillverka bränslet tar bort de befintliga föreningarna, vilket ger en sämre smörjningsförmåga. Köldegenskaperna för bränslet, vilket anges genom grumlighetspunkt och filterbarhet i kyla, kan vara beroende av råvaran som används för att framställa oljan och därmed är det möjligt att egenskaperna varierar (Lapuerta m.fl 2011). Det går även att justera bränslets egenskaper för kallare klimat genom att processa bränslet ytterligare, och därmed förbättra grumlighetspunkten och filterbarheten så att de når till så låga temperaturer att det kan jämföras med vanlig diesel (Aatola m. fl. 2008). Processen för att justera köldegenskaperna utförs i två steg med hydrokracking samt isomerisering. Dessa två steg i processen innebär att kolkedjorna i produkten blir förkortade och därefter så förbättras kallflödesegenskaperna. Detta leder till en

slutprodukt som har bättre köldegenskaper och därmed även kan användas i länder med låga temperaturer, som Sverige (Lindström m. fl. 2015).

Ytterligare en nackdel med HVO är att detta drivmedel i ren form inte uppfyller alla specifikationerna för de standarder som finns för dieselbränsle. Ett exempel som gör att HVO inte uppfyller kraven är densiteten. I ren form har HVO en densitet omkring 775 till 785 kg/m³ vid 15 °C, vilket kan jämföras med den konventionella dieseln som har en densitet på omkring 835 kg/m³ vid 15 °C och standarden som anger en lägsta densitet på 800 kg/m³ vid 15 °C (*Aatola m. fl. 2008*). Däremot uppnår bränslet, då det är inblandat i konventionell diesel, alla de krävda specifikationerna. Det innebär att vid användning av HVO som är inblandad i konventionell diesel kan detta ske i alla dieselmotorer, men då HVO i ren form ska användas så krävs det ett godkännande från fordonstillverkaren för att detta ska vara tillåtet (*Andreasson m.fl. 2019*).

Tabell 1: Särskilda egenskaper som skiljer sig åt mellan diesel och HVO

Table 1: Particular characteristics that differs between diesel and HVO

Egenskap	Diesel	HVO
Densitet vid 15 °C (kg/m ³)	820 - 840	775 - 785
Cetantal	40 - 45	70 - 90
Energiinnehåll (kWh/m ³)	9800	9450
Grumlighetspunkt (°C)	-20	-20
Kallpunkt igenläggning av filter (°C)	-27	-24
Smörjning (µm nötning)	≈ 510	≈ 720

Användningen utav HVO idag är överlag rätt begränsad, detta på grund av tillgängligheten och priset. Det har dock skett undersökningar i andra verksamheter för att ta reda på den skillnad som kan uppnås med hjälp av HVO. En undersökning som är utförd med tyngre fordon är i en bergtäkt som är placerad i Småland. För denna bergtäkt utfördes simuleringar över olika scenarion för tåkten med varierande fordonsflotta, där de inblandade fordonen kunde vara lastbilar, hjullastare eller tipptruckar. Resultatet av denna simulering var att användningen av HVO som bränsle kunde minska koldioxidutsläppen från 419 ton per år med konventionell diesel till 51 ton per år med HVO. Detta skulle innebära en minskning av utsläpp av koldioxid från 0,73 kg per ton producerat material till 0,09 kg per ton producerat material, vilket blir en minskning av koldioxidutsläppen med nästan 90% (*Myhrberg & Raab-Obermayr 2019*).

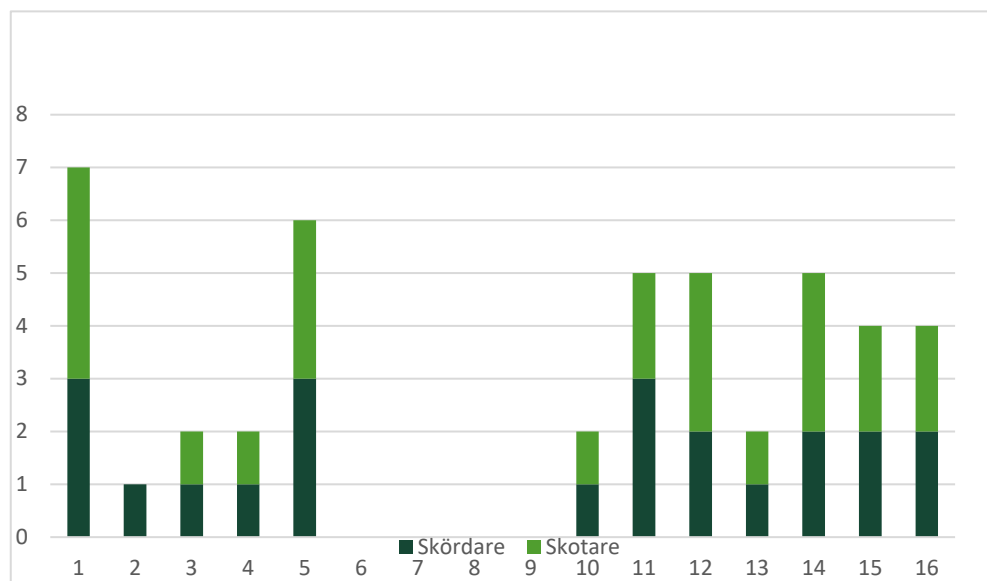
Även i Finland har det utförts tester med HVO jämfört med konventionell diesel. Ett sådant test gick ut på att använda konventionell diesel och HVO i två mindre lastmaskiner för att därefter undersöka skillnaden mellan påverkan på

bränslesystemet. Studien genomfördes genom att lastmaskinerna kördes i ungefär 500 timmar innan bränslesystemet skruvades isär för att undersöka med hjälp av mikroskop. Resultatet av studien blev att HVO gav renare komponenter då avlagringarna av smuts minskade, vilket är nyttigare för motorn (Sundman 2018).

3.2. Resultat från intervjuer

3.2.1. Antal maskiner och fördelning av märken

Entreprenörerna som intervjuades hade olika antal maskiner, där det minsta företaget har 1 maskin och det största har 7 maskiner (Figur 1). Antalet tillverkare av maskiner uppgick till 6 olika, där den största tillverkaren i denna studie stod för nästan 40% av maskinerna. Antalet maskiner från varje tillverkare var 17, 9, 9, 6, 2, 2 för John Deere, Komatsu, Ponsse, Rottne, Gremo respektive Eco Log.



Figur 1: Antalet skördare samt skotare som varje företag äger, inget värde innebär att företaget inte svarat.

Figure 1: Number of harvesters and forwarders that each company owns, no value means that the company did not answer.

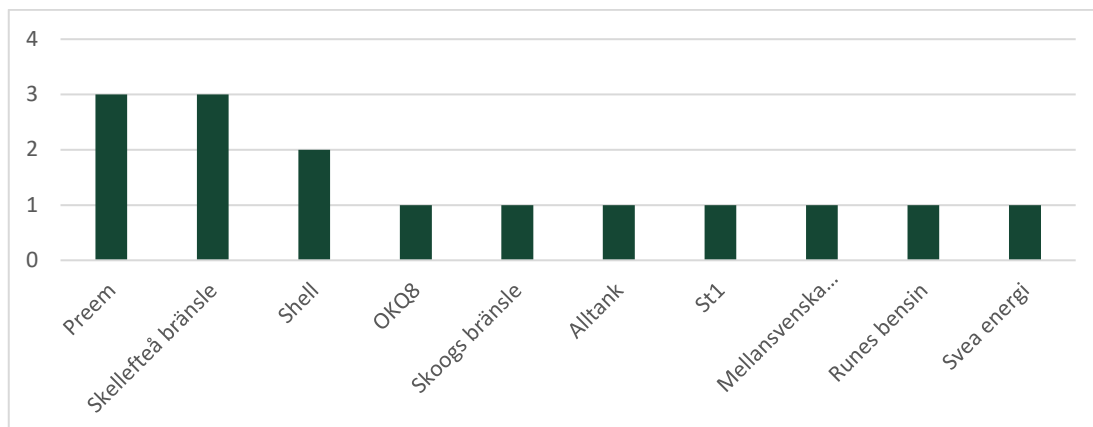
3.2.2. Placering i Sverige

Härkomsten för entreprenörerna som intervjuades blev utspridd till 9 olika län, där antalet företag varierar från ett till två per län. Utbredningen av företagen sträcker sig från Kronobergs län i söder till Norrbottens län i norr (Bilaga 3).

3.2.3. Användning och tillgänglighet av HVO

Användningen av HVO hos de intervjuade företagen är väldigt låg, då ingen använder HVO i ren form. Den största anledningen till den låga användningen av HVO är priset, då HVO sedan början av år 2016 har varit ständigt dyrare än konventionell diesel. Det högre priset gör det inte möjligt för företagen att använda sig utav detta drivmedel, såvida de inte får kompensation från skogsbolag och andra kunder eller att priset blir likvärdigt med den konventionella dieseln. I dagsläget har konventionell diesel ett riktpreis på ungefär 13,58 kr/liter medan HVO har ett ungefärligt pris på 14,46 kr/liter (*OKQ8 2020a*). För att beräkna priset som skogsföretagare betalar med detta riktpreis så dras först momsen bort som är 25% (*Regeringen 2019*), därefter dras skattereduktionen bort vilket blir 1,93 kr/liter (*Skatteverket 2020a*). Detta innebär att skogsföretagare betalar ungefär $13,58 * 0,8 - 1,93 = 8,93$ kr/liter för konventionell diesel. Gällande skattereduktion för HVO gäller att bränslen med hög andel HVO eller rent HVO har samma skattereduktion som konventionell diesel. Vilket innebär att riktpriiset för skogsföretag blir $14,46 * 0,8 - 1,93 = 9,64$ kr/liter. Det kostar därmed företagen 0,71 kr/liter för att välja det miljövänligare alternativet (*OKQ8 2020a*). Den tidigare nämnda medelförbrukningen för skogsmaskinerna på 1,86 liter/m³fub innebär en ökad kostnad på totalt 1,32 kr/m³fub för både skotare och skördare, om det bortses från den möjligt högre bränsleförbrukningen av HVO som kan göra det ytterligare dyrare. Det genomsnittliga bränslepriset per m³fub blir därmed 16,6kr med konventionell diesel och 17,9 kr med HVO.

En annan anledning till den låga användningen av HVO är en brist på tillgänglighet. Av de 12 entreprenörer som svarade på frågeställningen så var det bara 3 som har tillgång till HVO. Dock innebar detta också att den HVO som finns tillgänglig i vissa fall innebar en ökad sträcka för tankning då det inte alltid fanns på det närmsta tankningsstället. Istället finns det tillgängligt i de större samhällena där företagen möjligen tankar någon gång, men inte alltid, vilket innebär att en helkonvertering från konventionell diesel till HVO innebär ökade sträckor för påfyllning av bränsle för företagen. Den låga tillgängligheten av HVO är även ett faktum trots att det totalt användes 10 olika bränsleleverantörer och att vissa entreprenörer använde sig utav fler än en leverantör (Figur 3).



Figur 2: Antal företagare som använder sig utav olika drivmedelsleverantörer, vissa företag använder flera leverantörer vilket ger en högre summa än antalet företag.

Figure 3: Number of companies that uses different fuel suppliers, some companies uses several suppliers which gives a higher sum than number of companies.

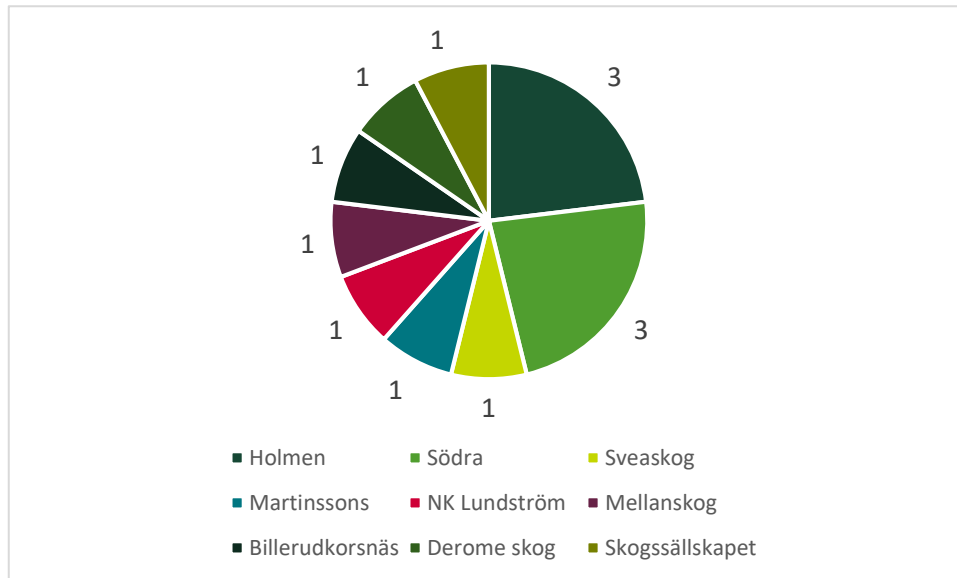
Med dessa drivmedelleverantörer som resultat så undersöktes tillgängligheten vidare. Detta genom att hos de 4 populäraste leverantörerna se hur många försäljningsställen de har, och jämföra dessa med antalet stationer med HVO. Medan totala antalet försäljningsställen för alla leverantörer uppgick till knappt 2 000 så hade Preem inga försäljningsställen med HVO, Skelleftebränslen hade 5, Shell 26 och OKQ8 104 stycken (*Preem 2020; Skelleftebränslen 2017; Shell 2020; OKQ8 2020b*). Detta kan jämföras med totala antalet försäljningsställen i Sverige som är ungefär 2800 stycken, där antalet stationer med HVO är 170 stycken (*SPBI 2020*).

3.2.4. Användning av andra miljöanpassade produkter

Enligt alla tillfrågade företag så är de certifierade, vilket innebär att det ställs krav på dem att använda produkter som är miljöanpassade. Detta gäller alla vätskor i maskinen som glykol, sågkedjeolja, hydraulolja och fetter. Dessa produkter har enligt dem själva fungerat utan ytterligare problem i maskinerna, vilket har gjort att intresset för även biobränslen som HVO har blivit större då de nämnda vätskorna har fungerat enligt krav. Det är även tydligt enligt intervjuerna att entreprenörerna gärna skulle byta till HVO som drivmedel om det inte vore på grund av priset och tillgängligheten.

3.2.5. Bolag

De bolag som är knutna till entreprenörerna uppgår till 9 olika, där vissa företag har flera bolag som de kör åt (Figur 5). En del av bolagen har som krav att entreprenörerna måste köra på en viss andel förnybart bränsle, och en del har även enligt entreprenörerna haft som rekommendation att köra på rent HVO.



Figur 3: Fördelning över antal entreprenörer som kör åt respektive bolag.

Figure 5: Distribution on number of entrepreneurs that harvest for each corporation.

4. DISKUSSION

Målet med rapporten var att undersöka möjligheterna att använda ett nytt sorts drivmedel i skogsmaskiner för att göra försörjningskedjan mer miljövänlig. Att använda sig utav HVO kan innebära kraftiga minskningar av CO, CO₂ och THC. HVO är redan godkänt för användning som rent bränsle i flera fordon både inom skogen och i andra branscher. Gällande skogsmaskiner är informationen om HVO knapphändig på många av skogsmakintillverkarnas hemsidor, det är exempelvis endast Rottne, av tillverkarna som nämndes i denna studie, som i klartext har godkänt HVO i maskinerna (Rottne u.å.). Dock har det visat sig efter kontakt med företagen att även John Deere samt Ponsse godkänt HVO som drivmedel inofficiellt (Karleryd, personlig kommunikation, 2020; Hammar, personlig kommunikation, 2020). Det innebär alltså att flertalet tillverkare redan godkänt HVO som drivmedel i maskinerna, medan information i dagsläget saknas från övriga tillverkare.

I denna studie var priset den största anledningen till att entreprenörer inte använde sig utav HVO som drivmedel. Det var även tydligt att många hade kunnat byta från konventionell diesel till HVO omedelbart om det hade varit samma pris på bägge drivmedlen. Därmed ställdes även frågan till de större bolagen i denna studie om deras syn på HVO och om möjligheter för dem att ersätta entreprenörer den prisskillnad som idag är på HVO jämfört med diesel. Resultatet av detta var dock att en del av bolagen ansåg prisskillnaden som stor, då det inte är möjligt att få skattereduktion som med diesel. Det var även den tanken som fanns hos en del entreprenörer vid intervjuerna. Dock är det enligt Skatteverket samma skattereduktion på konventionell diesel som HVO i ren form, där 100% av koldioxid- samt energiskatten är avdragbar (Skatteverket 2020b). Därmed är prisskillnaden i dagsläget under 1 kr/liter mellan drivmedlen, medan entreprenörer och bolag ansåg att den är tre gånger så hög på 3 kr/liter. Hur detta kan påverka är osäkert då informationen kom fram efter intervjuerna med de entreprenörer som ansåg detta var gjorda. Information angående detta är även skickat till bolagen men återkoppling har inte kommit tillbaka i dagsläget. Dock är inte priset det enda problemet hos bolagen heller utan där anges även tillgång på HVO som en brist, samt att produktionen med palmolja som råvara är en anledning att nöja sig med konventionell diesel med HVO inblandad.

En stor utmaning med HVO är produktionen och tillgängligheten. Idag är det en högre efterfrågan än utbud på produkten, vilket leder till att det måste hittas nya råvaror att använda sig utav i produktionen. De miljövänligaste råvarorna i dagsläget för produktion av HVO är avfall från slakterier och råtallolja. Dessa råvaror ger en växthusgasreduktion som är i snitt 90% jämfört med användning av konventionell diesel. Dock gör bristen på råvara att andra råvaror (t.ex. palmolja) är ett måste. Palmoljan är högt diskuterad vid användning i biobränsle då det kan verka som att bränslet släpper ut mindre avgaser och därmed är bättre för miljön. I själva verket är det så att för att få ut palmolja så skördas regnskogar och det är därmed ifrågasatt ifall HVO av palmolja verkligen är bättre för miljön än konventionell diesel (Nordström 2015). Det vore därmed intressant att reda ut hur mycket av andra råvaror som krävs för att ersätta palmoljan i HVO i första hand, för att få ut ett överlag renare bränsle. Att även räkna ut hur mycket råvaror som behövs, från exempelvis skogen, för att klara av produktion av HVO för att ersätta dieseln i Sverige helt vore intressant. Detta då det skulle ge en bild av vad som krävs för att Sverige skulle kunna producera drivmedel helt på egen hand och därmed klara sig undan från import. Det gjordes försök att fördjupa sig även i det i denna studie, men utan resultat då det inte lyckades med att hitta hur mycket råvara det krävs för att producera en viss mängd HVO. Det kan dock nämnas att vissa teoretiska beräkningar utförts med användning av tallolja, där det uppskattas att en övre gräns för produktion uppgår till ungefär 1,3 - 1,75 TWh av totalt 90 TWh drivmedel som förbrukas varje år. Däremot kan det i framtiden användas andra råvaror som exempelvis lignin för biodrivmedel. Dock används exempelvis lignin i massabruken där den förbränns, och därmed måste andra energikällor i sin tur användas i massabruken för att ersätta ligninet (Löfblad m.fl. 2016).

Vid studien blev det även tydligt att praktiska tester inte är gjorda i stor skala för detta drivmedel då det inte slagit igenom än. Det som kan vara lite mer osäkert med resultatet är utsläppen och bränsleförbrukningen. Många studier angående HVO är utförda med hjälp av simuleringar och teoretiska värden. Så hur det egentligen fungerar i verkligheten är osäkert då detta bränsle ändå är relativt nytt på marknaden och produceras i liten skala jämfört med konventionell diesel. Det är exempelvis svårt att veta hur detta drivmedel beter sig vid lagring och kyla då detta endast är angivet teoretiskt. Hur utsläppen av avgaserna är i verkligheten även det osäkert, då de tester som är utförda praktiskt med HVO är genomförda på dieselmotorer anpassade för konventionell diesel. När HVO har ett avsevärt mycket högre cetantal jämfört med konventionell diesel blir tändfördröjningen annorlunda. När motorn därmed är anpassad till tändfördröjningen för den konventionella dieseln men istället körs på HVO så kan det leda till bränslet tidigarelägger cykeln i motorn och ger andra förhållanden i motorn. Detta kan exempelvis leda till andra tryck och gastemperaturer jämfört med normalt, och i slutändan påverka utsläppet av avgaser jämfört med om motorn vore optimerad för bränslet (Karavalakis m.fl. 2016). Det

råder även osäkerhet angående utsläppet av exempelvis NO_x, detta då det i vissa vetenskapliga studier som exempelvis Aatola (2008) anges en minskning av denna avgas. Samtidigt i artikeln av Karavalakis med flera (2016) anges det att det sker en ökning av NO_x utsläppen vid användning utav HVO, och att detta också är upptäckt i tidigare studier.

I Sverige sker produktionen av HVO främst av Preem, och det i en omfattning av omkring 500 000 m³ varje år. För att endast ersätta HVO helt i skogen så kommer det att gå åt omkring 130 000 m³ varje år, vilket innebär att redan efter att endast skogsmaskinerna tankar HVO så har drygt en fjärdedel av produktionen i Sverige gått åt. Detta samtidigt som den totala förbrukningen av HVO av fordon i vägnätet nästan når upp till 500 000 m³. I dagens läge når även produktionen av HVO i hela världen upp till 5,2 miljoner m³ per år. Denna siffra kan jämföras med Sveriges årliga förbrukning av ren fossil diesel som är 4,7 miljoner m³, samt totala förbrukningen av drivmedel i klassen diesel som är strax över 6 miljoner m³ per år. (SPBI 2020). Det kan därmed sägas att innan HVO kan få ett genombrott måste det komma en lösning på råvara samt produktion då det idag är stor brist av bägge delar. I övrigt är HVO en utmärkt ersättare till dieseln, så länge det produceras av rätt råvaror, då detta är en snarlik kopia av den konventionella dieseln och även kan minska utsläppen i stora mängder.

Denna studies styrkor är att den ger en bra bild av marknaden idag då det blev lyckat med intervjuer som gjorde att skogsentreprenadsföretag över hela Sverige fick uttala sig över deras erfarenheter med biodrivmedel. Eftersom alla hade samma orsak till att HVO inte är ett alternativ för dem så är detta resultat definitivt någonting att titta vidare på för att få in HVO i skogsmaskinerna. I grunden var även detta arbete planerat för att intervjua skogsentreprenadsföretag, maskintillverkare, skogsbolag och drivmedelsleverantörer för att ge en komplett bild av marknaden och för att få en uppfattning av åsikten från alla parter som är involverade i skogsbruket. Dock skedde fördröjningar som innebar att intervjuer med skogsentreprenadsföretag, som var grunden till vilka skogsbolag, tillverkare och leverantörer som skulle kontaktas, blev försenad. Därmed kunde inte intervjuer ske med alla andra parter för att se hur exempelvis drivmedelsleverantörerna tror att de kommer utvecklas gällande utbud av HVO.

Vid litteraturgenomgången använde jag mig utav en kvalitativ metod där jag sökte efter vissa egenskaper som kan vara eftertraktade att veta om ett nytt bränsle. Resultatet av detta är att de flesta studier hade samma resultat som varandra, och därmed samma resultat som anges i denna studie. Detta gäller främst de tekniska egenskaperna över drivmedlen. När det däremot kommer till utsläpp och bränsleförbrukning så angavs lite varierande värden i studierna, detta då det är olika fordon som är undersökta samt att vissa tester är praktiska medan andra endast är

simuleringar. Detta ger lite osäkerheten angående kvalitén på denna studie som kopplar till de övrigas resultat. Det vore därmed bra om ytterligare praktiska tester utfördes för HVO som drivmedel i olika fordon för att veta mer exakt hur skillnaden blir beroende på vilken fordonsavdelning som undersöks.

Slutsatser

- HVO har, i dagsläget, det största potentialen att ersätta konventionell diesel och kan sänka CO₂-utsläppen med 90 procent.
- Med tanke på tillgången av råvara idag och att det kompenseras genom användning av den högt diskuterade palmoljan så är det i dagsläget bättre att använda diesel med inblandning av HVO.
- Tillgången på HVO i ren form idag gör det till ett otänkbart alternativ för de flesta skogsentreprenadsföretag.
- Den ekonomiska skillnaden mellan HVO och konventionell diesel idag är inte så stor många tror, men hur det kommer se ut i framtiden är osäkert på grund av skatteundantag.

5.REFERENSER

- Aatola, H., Larmi, M. & Sarjovaara, T. (2008). *Hydrotreated Vegetable Oil (HVO) as a Renewable Diesel Fuel: Trade-off between NOx, Particulate Emission, and Fuel Consumption of a Heavy Duty Engine*. SAE International Journal of Engines. 1. 10.4271/2008-01-2500. Tillgänglig: http://www.etipbioenergy.eu/images/SAE_Study_Hydrotreated_Vegetable_Oil_HVO_as_a_Renewable_Diesel_Fuel.pdf [2020-04-15]
- Andreasson, I., Ramic, A. & Persson, P.A. (2019). *Regional plan för infrastruktur för elfordon och förnybara drivmedel*. Länsstyrelsen Kronobergs län. (Rapport 2019-12-18). Tillgänglig: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:naturvardsverket:diva-8307> [2020-04-27]
- Birzietis, G., Pirs, V., Dukulis, I & Gailis, M. (2017). Effect of commercial diesel fuel and hydrotreated vegetable oil blend on automobile performance. *Agronomy Research*, vol 15, ss. 964-970.
- Björheden, R. (2014). Skogsbrukets tekniska utveckling I: Branteström, K. *Som man ropar i skogen vägval som berör oss alla*. Stockholm: Forskningsrådet Formas, ss. 85–95. Tillgänglig: https://formas.se/download/18.312567aa167c666b42487e7/1549956109724/FOR_Pocket-Som-man-ropar-i-skogen%20INLAGA.pdf [2020-04-13]
- Blomqvist, C. & Zingmark, N. (2019). *Optimala biodrivmedel för inblandning i diesel : En jämförelse mellan tre biodrivmedel*. Kungliga Tekniska Högskolan. Hållbar utveckling, miljövetenskap och teknik. Tillgänglig: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kth:diva-254339> [2020-04-27]
- Bohl, T., Smallbone, A., Tian, G & Roskilly A. (2018). Particulate number and NOx trade-off comparisons between HVO and mineral diesel in HD applications. *Fuel*, vol 215, ss. 90-101. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2017.11.023>
- Boichenko, S., Vovk, O. & Yakovlieva, A. (2013). Overview of innovative technologies for aviation fuels production. *Chemistry & Chemical*

Technology, vol. 7 (3), ss. 305-3012. Tillgänglig:
<http://ena.lp.edu.ua:8080/handle/ntb/23485> [2020-06-14]

Dalen, M. (2015). *Intervju som metod*. 2. Uppl. Malmö: Gleerups Utbildning AB.

Ekberg, K. (2019). *Bruttoavverkning 2017 och preliminär statistik för 2018. Jönköping: Skogsstyrelsen*. Tillgänglig:
<https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/statistik/statistiska-meddelanden/bruttoavverkning-jo0312/2018-bruttoavverkning-statistiska-meddelanden.pdf> [2020-03-12]

Kalnes, T.N., Koers, K.P., Marker, T. & Shonnard, D.R. (2009). A technoeconomic and environmental life cycle comparison of green diesel to biodiesel and syndiesel. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, vol. 28 (1), ss. 111–120

Karavalakis, G., Jiang, Y., Yang, J., Durbin, T., Nuottimäki, J. & Lehto, K. (2016). Emissions and Fuel Economy Evaluation from Two Current Technology Heavy-Duty Trucks Operated on HVO and FAME Blends. *SAE International Journal of Fuels and Lubricants*, vol. 9 (1), ss. 177–190 SAE International.

Kollberg, J. (2019). *Maximal CO₂-reduktion per investerad krona för personbilar: En bred systemanalys*. Lunds universitet. Avdelningen för energivetenskap.

Lindström, V., Öberg, C., Larsson, J., Hallén, A., Kandiel, H., Breimark, O & Silfver, E. (2016). *En studie om förnybara drivmedel och dess förutsättningar i norra Sverige*. Umeå: Biofuel Region. Tillgänglig:
<http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:893843/FULLTEXT01.pdf> [2020-06-14]

Lapuerta, M., Villajos, M., Agudela, J.R. & Boehman, A.L. (2011). Key properties and blending strategies of hydrotreated vegetable oil as biofuel for diesel engines. *Fuel Processing Technology*, vol. 19 (12), ss. 2406–2411. DOI:
<https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2011.09.003>

Löfblad, E., Holmström, D., Sundberg, J., & Bisailon, M. (2016). *Klimatstudie av olika fordonsdrivmedel i Skåne*. Tillgänglig:
<https://www.sysav.se/globalassets/filer-och-dokument/informationsmaterial-broschyrer-arsredovisningar-faktablad-rapporter-etc/rapporter/rapporter-2017/klimatstudie-av-olika-fordonsdrivmedel-i-skane.pdf> [2020-04-28]

Manner, J., Jonsson, R., Jönsson, P., Björheden, R. & Lundström, H. (2016). *Prestation och drivningskostnad för drivarprototypen Komatsu X19*

- jämfört med ett konventionellt tvåmaskinsystem*. Uppsala: Skogforsk. (Rapport 2016:916). Tillgänglig: <https://www.skogforsk.se/contentassets/85e19d3f208c473f9ed9a8d5c57b1bcf/prestation-och-drivningskostnader-for-drivarprototypen-komatsu-x19-jamfort-med-ett-konventionellt-tvamaskinsystem-arbetsrapport-916-2016.pdf> [2020-04-13]
- Myhrberg, J. & Raab-Obermayr. (2019). *Koldioxidreducering av en bergtäkts fordonsflotta*. Linneuniversitetet. Byggt teknik. Tillgänglig: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1327516/FULLTEXT01.pdf> [2020-04-14]
- Napolitano, P., Guido, C., Beatrice, C & Pellegrini, L. (2018). Impact of hydrocracked diesel fuel and Hydrotreated Vegetable Oil blends on the fuel consumption of automotive diesel engines. *Fuel*, vol. 222, ss. 718-732. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.02.097>
- No, S-Y. (2020). *Application of Liquid Biofuels to Internal Combustion Engines*. Singapore: Springer Nature. DOI: 10.1007/978-981-13-6737-3
- Nordström, E-L. (2015). *Fossilfri kollektivtrafik*. Kungliga Tekniska Högskolan. Energienheten. Tillgänglig: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:816215/FULLTEXT01.pdf> [2020-04-20]
- OKQ8 (2020a). Tillgänglig: <https://www.okq8.se:443/foretag/priser/> [2020-04-27]
- OKQ8 (2020b). Tillgänglig: <https://www.okq8.se:443/pa-stationen/bensinstationer/> [2020-04-27]
- Phadke, D. (2017). *Electrification of Diesel-Hydraulic Off-road Machine*. Kungliga Tekniska Högskolan. Maskinkonstruktion. Tillgänglig: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1165923/FULLTEXT01.pdf> [2020-04-13]
- Pirjola, L., Rönkkö, T., Saukko, E., Parviainen, A., Malinen, A., Alanen, J & Saveljeff, H. (2017). Exhaust emissions of non-road mobile machine: Real-world and laboratory studies with diesel and HVO fuels. *Fuel*, vol. 202, ss. 154-164. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2017.04.029>
- Preem (2020). Tillgänglig: <https://www.preem.se/privat/hitta-station/> [2020-04-27]
- Regeringen. (2019). *Sänkt skatt på drivmedel*. Tillgänglig: <https://www.regeringen.se/artiklar/2019/09/sankt-skatt-pa-drivmedel/> [2020d-04-14]

- Rottne (u.å.). *Skogsmaskiner*. Tillgänglig: <https://www.rottnet.se/skogsmaskiner/> [2020-04-28]
- Shell (2020). Tillgänglig: <https://www.shellstationer.se/bensinstationer> [2020-04-27]
- Skatteverket. (2020a). Skattebefrielse för jordbruk, skogsbruk och vattenbruk. Tillgänglig: <https://www.skatteverket.se/foretagochorganisationer/skatter/punktskatter/energiskatter/verksamhetermedlagreskatt/jordbrukskogbrukvattenbruk/bransle.4.15532c7b1442f256baebbb2.html> [2020-04-14]
- Skatteverket (2020b). *Skattebefrielse för biodrivmedel*. Tillgänglig: <https://www.skatteverket.se/foretagochorganisationer/skatter/punktskatter/energiskatter/energiskatterpabranslen/skattebefrielseforbiodrivmedel.4.2b543913a42158acf800021393.html> [2020-04-14]
- Skelleftebränslen (2017). Tillgänglig: <https://skelleftebranslen.se/har-finns-vi/> [2020-04-27]
- Skogforsk. (2018). *Rutting and vibration levels of the On Track concept forwarder on standardised test tracks*. Uppsala: Skogforsk. (Rapport 2018:989). Tillgänglig: <https://www.skogforsk.se/contentassets/54df1878341a454ea81955692d7d44f2/arbetsrapport-989-2018.pdf> [2020-04-13]
- Skogsstyrelsen. (2007). *Svenskt skogsbruk möter klimatförändringar*. Jönköping: Skogsstyrelsens förlag. (Skogsstyrelsen Rapport, 2007:8). Tillgänglig: <http://shop.skogsstyrelsen.se/shop/9098/art39/4646139-c7eee1-1785.pdf> [2020-03-16]
- Sugiyama, K., Goto, I., Kitano, K., Mogi, K & Honkanen, M. (2012). Effects of Hydrotreated Vegetable Oil (HVO) as Renewable Diesel Fuel on Combustion and Exhaust Emissions in Diesel Engine. *SAE International Journal of Fuels and Lubricants*, vol. 5 (1), ss. 205-217. Tillgänglig: <https://www.jstor.org/stable/26272876> [2020-06-14]
- Sundman, V. (2018). *Renewable paraffinic diesel in loaders, trucks and other mobile machinery*. Aalto-universitetet Högskolan för ingenjörsvetenskaper. Institutionen för maskinteknik.
- Svenska Petroleum & Biodrivmedel Institutet. (2018). *Förnybara dieselbränslen*. Tillgänglig: <https://spbi.se/uppslagsverk/fakta/drivmedel/dieselbransle/biodiesel-fornybara-dieselbranslen/> [2020a-04-14]
- Svenska Petroleum & Biodrivmedel Institutet. (2020). *SPBI Branchfakta 2019*. Tillgänglig: <https://spbi.se/wp-content/uploads/2020/04/SPBI-branschfakta-2020-04-02.pdf> [2020-04-20]

Thor, M. & Thorsén, Å. (2014). Effektivt skogsbruk – ett långsiktigt miljöarbete. Skogforsk. Uppsala Science Park ISBN: 978-91-979694-6-8. Tillgänglig: <https://www.skogforsk.se/contentassets/ea6e810a4ad841928394823b0be85c47/effektivt-skogsbruk.pdf> [2020-03-12]

Icke publicerat material:

Hammar, C-H (2020). *VD Ponsse Sverige*. Personlig kommunikation.

Karleryd, M (2020). Teknisk supportchef, John Deere. Personlig kommunikation.

Bilaga 1

Källor och sökord vid litteraturstudien

Sökord	Databas	Artikel	Författare	Årtal
Biodiesel environmental	Google Scholar	<i>A technoeconomic and environmental life cycle comparison of green diesel to biodiesel and syndiesel</i>	Kalnes, T.N m.fl.	2009
Emission non-road mobile machines	Google Scholar	Exhaust emissions of non-road mobile machine: Real-world and laboratory studies with diesel and HVO fuels	Pirjola m. fl.	2017
HVO bränsle	Google Scholar	Maximal CO2-reduktion per investerad krona för personbilar: En bred systemanalys	Kollberg, Johan	2019
HVO egenskaper	Google Scholar	En studie om förnybara drivmedel och dess förutsättningar i norra Sverige	Lindström m. fl.	2015
HVO energiinnehåll	Google Scholar	<i>Optimala biodrivmedel för inblandning i diesel: En jämförelse mellan tre biodrivmedel</i>	Blomqvist & Zingmark	2019
HVO fuel	Google Scholar	<i>Key properties and blending strategies of hydrotreated vegetable oil as biofuel for diesel engines</i>	Lapuerta, M m.fl.	2011
HVO fuel	Google Scholar	<i>Hydrotreated Vegetable Oil (HVO) as a Renewable Diesel Fuel: Trade-off between NOx, Particulate Emission, and Fuel Consumption of a Heavy Duty Engine</i>	Aatola, H m.fl.	2008
HVO fuel consumption	Google Scholar	<i>Particulate number and NOx trade-off comparisons between</i>	Bohl m. fl.	2018

		<i>HVO and mineral diesel in HD applications</i>		
HVO fuel consumption	Google Scholar	<i>Impact of hydrocracked diesel fuel and Hydrotreated Vegetable Oil blendson the fuel consumption of automotive diesel engines</i>	Napolitano m. fl.	2018
HVO fuel consumption	Google Scholar	Effect of commercial diesel fuel and hydrotreated vegetable oil blend on automobile performance	Birzietis m. fl.	2017
HVO godkännande	Google Scholar	<i>Regional plan för infrastruktur för elfordon och förnybara drivmedel</i>	Andreasson m. fl.	2019
HVO production	Google Scholar	Overview of innovative technologies for aviation fuels production	Boichenko, S m.fl.	2013
Koldioxidreducering fordonsflotta	Google Scholar	Koldioxidreducering av en bergtäkts fordonsflotta	Myhrberg, J. & Raab-Obermayr	2019
Liquid biofuels diesel engines	Google	<i>Application of Liquid Biofuels to Internal Combustion Engines</i>	No, Soo-Young	2020
Renewable diesel fuel on combustion and exhaust	Google Scholar	Effects of Hydrotreated Vegetable Oil (HVO) as Renewable Diesel Fuel on Combustion and Exhaust Emissions in Diesel Engine	Sugiyama m. fl.	2012
Renewable diesel mobile machinery	Google Scholar	Renewable paraffinic diesel in loaders, trucks and other mobile machinery	Sundman, V	2018

Bilaga 2

Frågor till skogsentreprenadföretag :

Fråga 1: Hur många maskiner äger ni i dagsläget? Vilket typ av maskiner? Märke, storlek

Fråga 2: I vilken del av Sverige brukar ni avverka?

Fråga 3: Används någon form av biobränsle i maskinerna i dagsläget?

Fråga 4: Finns HVO tillgängligt där ni tankar i dagsläget?

Fråga 5: Vilken drivmedelsleverantör använder ni er utav?

Fråga 6: Hade ni kunnat tänka er att använda er utav HVO?

Fråga 7: Använder ni någon annan miljöanpassad produkt i maskinerna (som bioolja eller liknande)?

Fråga 8: Vilket bolag avverkar ni åt?

Bilaga 3

Fördelning över antal företag i varje län som svarade respektive inte svarade

Län	Antal företag som svarade	Antal företag som inte svarade	Anledning	Antal maskiner och märke
Dalarna		1	Svarade inte vid upprepade försök	
Gävleborg	1	1	Svarade inte vid upprepade försök	4st John Deere, 1st Eco Log
Hälsingland				
Jämtland		1	Svarade inte vid upprepade försök	
Kalmar	1			4st John Deere
Kronoberg	1			2st Ponsse, 1st Gremo & 1st Rottne
Norrbottn	1			7st, John Deere
Södermanland	1			5st Ponsse
Värmland	1			1st Rottne & 1st John Deere
Västerbotten	2			1st, Eco Log 2st, Komatsu
Västernorrland	2			2st, Rottne 4st, Komatsu & 2st Rottne
Västmanland		1	Svarade inte vid upprepade försök	
Västra Götaland	2			1st Komatsu & 1st John Deere 2st Komatsu, 2st Ponsse & 1st Gremo